

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET

Patentavdelningen

Intyg Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) *Sökande* *Saab AB, Linköping SE*
Applicant (s)

(21) *Patentansökningsnummer* *0300226-8*
Patent application number

(86) *Ingivningsdatum* *2003-01-30*
Date of filing

Stockholm, 2003-09-22

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Kerstin Gerdén
Kerstin Gerdén

Avgift
Fee *170:-*

JO/le

Sökande: SAAB AB

5 **Reparationsförfarande**

UPPFINNINGENS OMRÅDE OCH TIDIGARE KÄND TEKNIK

10 Föreliggande uppfinning avser en reparationsmetod för av lami-
nat bestående komponenter av kompositmaterial med höga håll-
fasthetskrav. Sådana komponenter kan vara för allehanda typer
av användningar, såsom speciellt för flyg- och rymdfarkoster, t ex
landställsluckor, fenor och vingskal hos flygplan, eller bilar, broar
osv. Anledningen till att sådana komponenter framställs av lami-
15 nat med en mängd skikt av fiberkomposit - exempelvis kolfiber-
epoxi eller glasfiberpolyester - med inom varje skikt väsentligen
parallella fibrer inbäddade i en matris, är att vid givna krav på
hållfasthet en mycket låg vikt kan erhållas. För att laminatet och
20 därmed komponenten skall erhålla erforderlig hållfasthet mot
krafter i alla riktningar är det viktigt att laminatet innehåller skikt
med skilda fiberriktningar. Vanligtvis appliceras skikten på varan-
dra så att fiberriktningen hos ett givet skikt bildar en vinkel av
30-90° med fiberriktningen hos intilliggande skikt. Det har dock
visat sig att när skikt med väsentligt skilda fiberriktningar appli-
25 ceras ovanpå varandra bildas stundom porer eller luftinneslut-
ningar däremellan. Dessa porer sträcker sig utmed gränsytan
mellan de båda skikten och kan ha en area på åtskilliga kvadrat-
centimeter. Kvalitén på de individuella skikten hos ett laminat av
detta slag, dvs hur noggrant parallella de däri ingående fibrerna
30 är, har på senare tid blivit allt högre, vilket har accentuerat pro-
blemet med nämnda porer eftersom laminatet på så vis blir tätare
och luften i porerna inte kan finna någon väg ut.

35 Små porer försämrar inte hållfastheten i sig, men de måste ändå
täppas igen med något hårdbart material, såsom ett lim, så att
inte fukt eller annat kan tränga in i dem och de blir större och
förenas med varandra, vilket skulle kunna få katastrofala följd r i

form av kraftigt reducerad hållfasthet hos komponenten. Således måste porer med en storlek över en bestämd nivå repareras. För denna skull är ett förfarande enligt ingressen hos bifogade patentkrav 1 känt.

5

Innan en sådan igenfyllning begynnes har först komponenten ifråga undersökts vad gäller sådana porer och dessa detekterats och märkts ut. Detektionen sker företrädesvis med användning av ultraljud, som reflekteras där porer finns. Skapandet av förbindelsevägen mellan laminatets yttre och en por sker sedan genom att det borraras hål så att en kanal skapas till poren. Därpå injiceras en flytande plast eller lim som fyller upp poren och sedan tillåts härda.

15 Detta tillvägagångssätt är associerat med en rad problem. Genom borrarbningen kommer lasttagande fibrer hos fiberkompositen att förstöras, vilket minskar laminatets hållfasthet. Vidare är det med borrarbning svårt att exakt träffa poren, varför man måste borra förhållandevis tätt, såsom med endast 3 mm mellanrum, vilket
20 kan leda till att hållfastheten lokalt sänks till en i vissa applikationer oacceptabelt låg nivå. Normalt används en borr diameter av cirka 0,5 mm, vilket vanligtvis överstiger diametern hos en fiber hos fiberkompositen med en faktor i storleksordningen 100. Dessutom räcker det inte med att man med ett borrhål träffar poren,
25 utan det krävs även åtminstone ett ytterligare borrhål, genom vilket luften i poren kan försvinna ut vid injicering av material i det första borrhålet.

SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

30

Syftet med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla ett förfarande av ovan definierat slag, vilket långtgående råder bot på ovannämnda olägenheter hos tidigare kända sådana förfaranden.

35

Detta syfte uppnås enligt uppfinningen genom att ett sådant förfarande tillhandahålls, vid vilket i steg a) förbindelsevägen skapas genom att laminatet åtminstone i området av nämnda por ut-

sätts för krafter som får sprickor att fortplanta sig huvudsakligen i matrisen igenom varje laminatskikt längs skiktets fiberriktning.

- Sådana sprickor kommer inte att påverka laminatets hållfasthet i
- 5 nämnvärd grad, men de gör att laminatet blir otätt genom att gas och vätska kan passera igenom sprickorna, så att en förbindelseväg åstadkommes mellan laminatets yttre och en nämnd por. Genom att sprickorna hos laminatskikt med olika fiberriktningar kommer att korsa varandra kommer en förbindelseväg att upp-
- 10 rättas från laminatets yttre till varje por med en icke oansenlig storlek. Förfarandet är mindre komplicerat och kan genomföras snabbare och till en lägre kostnad än tidigare kända förfaranden, förutom att hållfasthetsreduktionen blir i det närmaste försumbar och det blir lättare att nå och fylla igen mindre porer. En annan
- 15 fördel med förbindelsevägar i form av tunna sprickor istället för betydligt grövre borrhål är att det flytande materialet kan via kapillärverkan effektivt sugas in i laminatet och nå ifrågavarande por.
- 20 Enligt en föredragen utföringsform av uppfinningen kyls laminatet i steg a) åtminstone i området av nämnda por till en tillräckligt låg temperatur för att matrismaterialet mellan nämnda fibrer skall dra ihop sig så mycket att nämnda sprickor alstras längs fibrerna. Genom att utnyttja faktumet att de i denna typ av fiberkompositer
- 25 använda fibrerna har en i sammanhanget nästan obefintlig längd-utvidgningskoefficient, medan motsvarande koefficient är mycket högre för matrismaterialet, kan på ett ytterst enkelt och tillförlitligt sätt de eftersträlvade sprickorna alstras.
- 30 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen utförs kylningen till en temperatur under -70°C , företrädesvis under -150°C , varvid det är speciellt fördelaktigt att anbringa flytande kväve på laminatet, vilket möjliggör kylning ned till ca -200°C , men i vissa applikationer skulle även kolsyresnö kunna användas
- 35 och en kylning då ske till ca -75°C . Därvid är det tänkbart att kyla hela komponenten, men det vore även möjligt, och troligen oftast av en önskvärd, att avgränsa ett område av laminatets yttre yta

mitt för en nämnd por och anbringa kylmedlet på laminatet endast in i det avgränsade området. Härigenom blir kylningen enklare att utföra samtidigt som det bara bildas matris-sprickor där man verkligen har nytta av dem.

5

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen skapas förbindelsevägen mellan laminatets yttre och en nämnd por genom att laminatet utsätts för sådana yttre krafter i plan på tvären mot fiberriktningen hos laminatets skikt att sprickor fortplantar sig genom varje skikt längs skiktets fiberriktning. Exempelvis skulle man hos ett laminat med skikt med två olika fiberriktningar söka böja laminatet i plan som är riktade väsentligen 90° mot respektive fiberriktning tills det börjar knastra i laminatet, vilket innebär att matrismaterialiet släpper från fibrerna och sprickor bildas längs fibrerna. Det är därvid möjligt att bibehålla böjkrafterna under steg b) för att verka öppnande på sprickorna och underlätta transport av det flytande materialet till poren och avlägsna krafterna efter fyllningen men före härdandet för automatiskt utpressande av överflödigt flytande material ur sprickorna.

20

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen värms laminatet direkt före och/eller i samband med steg b) åtminstone i området av nämnda por upp till en temperatur som är nödvändig för att göra nämnda flytande material lättflytande. För vissa epoxilim kan det röra sig om en uppvärmning till cirka +50°C, medan andra material kan vara tillräckligt lättflytande vid rumstemperatur.

25

Andra åtgärder enligt uppfinningen för att underlätta transporten av det flytande materialet till nämnda por består i att applicera yttre krafter på laminatet i plan på tvären mot de olika skiktens fiberriktningar vid applicerande av det flytande materialet på laminatets yttre yta samt att applicera ett luftundertryck på laminatet på motsatt sida om detta mot den yttre ytan av laminatet vid vilken det flytande materialet appliceras.

30

35

Ett speciellt fördelaktigt material vad gäller hållfasthetsegenskaper i relation till vikt för komponenter av ifrågavarande slag är kolfiberepoxi, och försök har visat att det uppfinningsenliga förfarandet lämpar sig förträffligt för detta material.

5

Ytterligare fördelar med samt fördelaktiga särdrag hos uppfinningen framgår av den efterföljande beskrivningen och övriga osjälvständiga patentkrav.

10 KORT BESKRIVNING AV RITNINGARNA

Här nedan beskrivs såsom exempel anförda föredragna utföringsformer av det uppfinningsenliga förfarandet under hänvisning till bifogade ritningar, på vilka:

15

fig 1 är en mycket schematisk skiss av ett laminat avsett att illustrera det problem uppfinningen har att lösa,

20

fig 2 är en vy ovanifrån av en komponent av laminat, på vilken detekterade porer märkts ut,

25

fig 3 är ett ljusmikroskopfotografi illustrerande matrissprickor bildade vid nedkylning av ett laminat av kolfiberepoxi med flytande kväve, och

fig 4 är en mycket schematisk skiss illustrerande hur enligt uppfinningen matrissprickor bildas i ett fiberkompositmaterial.

30

DETALJERAD BESKRIVNING AV FÖREDRAGNA UTFÖRINGSFORMER AV UPPFINNINGEN

35

Det problem som uppfinningen sysselsätter sig med skall nu förklaras under hänvisande till fig 1 och 2. I fig 1 visas mycket enkelt en del av ett fiberkompositlaminat, vilket består av enskilda skikt 1 av med varandra väsentligen parallellt inriktade fibrer inbäddade i en matris. Fibrerna kan t ex vara kolfiber eller glasfiber och matrisen någon plast, såsom epoxi eller polyester.

Med fördel bildar fibrerna inom ett skikt en vinkel av 30-90° med fibrerna i intilliggande skikt. Då är fibrerna i skikt n 1' inriktade väsentligen i rät vinkel mot fibrerna i skikten 1".

- 5 I fallet av skikt av kolfiberepoxi är dessas tjocklek typiskt mellan 0,05 och 0,2 mm, och antalet skikt kan exempelvis för ett vingskal hos ett flygplan vara cirka 50, och i allmänhet är antalet skikt mellan 4 och 200.
- 10 Det visas i fig 1 hur en så kallad por 2 i form av en luftinneslutning bildats i gränsytan mellan två intilliggande skikt. Höjden, dvs utsträckningen i laminatets tjockleksriktning, hos denna por kan vara i storleksordningen 0,02-0,2 mm, medan den i gränsytan kan sträcka sig över en yta av flera kvadratcentimeter.
- 15 Sänds ultraljud igenom laminatet kommer det att reflekteras på sådana porer, som därigenom kan detekteras och märkas ut såsom gjorts på komponenten visad i fig 2. Man kan bestämma att porer med en area understigande en viss storlek, exempelvis 36
- 20 mm², kan accepteras och inte skall åtgärdas. Denna gräns är beroende av applikationen och kan sättas helt olika för exempelvis en komponent till en bil och en till ett flygplan. De porer som skall åtgärdas skall, såsom ovan nämnts, fyllas med ett flytande, hårdbart material, såsom någon plast eller lim, exempelvis epoxi-
- 25 lim LY5052 av tvåkomponenttyp.
- Enligt en första föredragen utföringsform av uppfinningen avgränsas de i fig 2 utmärkta laminatområdena ovanför en detekterad por med någon typ av sidoväggar och sedan hålls flytande kväve
- 30 på laminatet i dessa områden och man låter den därigenom åstadkomna kylningen äga rum under en tidsperiod som är beroende av laminatets tjocklek och typiskt sett ligger mellan 5 och 20 min. Vid sådan kylning kommer matrismaterialet att dra ihop sig, medan fibrerna inte uppvisar någon längdförändring i be-
- 35 roende av temperaturförändringar, så att tunna mikrosprickor med en tjocklek av i storleksordningen 0,5-1 µm bildas längs fibrerna, såsom visas genom den svarta linjen 4 på ljusmikroskop-

fotografiet enligt fig 3 för fallet av kolfiber poxi. Kolfibrerna 5 är visade genom vita cirklar, medan matrismaterialet 6 är grått. Dessa sprickor uppträder i kolfiberepoxin med ca 0,5 mm mellanrum, och sprickorna går igenom hela respektive laminatskikt, som här har en tjocklek av 0,13 mm, och sprickor hos intilliggande skikt kommer således att korsa varandra och en förbindelseväg mellan laminatets yttre och poren ifråga bildas. Detta visas i fig 4.

10 Sedan värms i fallet av kolfiberkompositmaterial detta upp till en temperatur av cirka +50°C, vilket kan ta 10 min – 2 tim, och sedan hålls aktuellt område hos laminatet vid denna temperatur under applicering av ett epoxilim som vid denna temperatur är mycket lättflytande och via kapillärverkan och/eller tyngdkraften injiceras i nämnda sprickor under en tid som understiger 1 tim.

15 Härigenom kommer poren ifråga att fyllas, och efter en viss tid kommer limmet automatiskt att härda under uppfyllande av den därmed reparerade poren.

20 Det är tänkbart att applicera yttre krafter på laminatet i plan på tvären mot de olika skiktens fiberriktningar i samband med injiceringen av det flytande materialet för att öppna sprickorna för underlättande av transporten av det flytande materialet till poren. Det är även tänkbart att applicera luftundertryck på laminatets undersida 7 för att underlätta denna transport.

25 Hos en alternativ utföringsform av det uppfinningsenliga förfarandet skulle istället för genom nämnda kylning matrissprickorna kunna bildas genom att laminatet utsätts för tillräckliga yttre krafter i plan på tvären mot fiberriktningen hos laminatets skikt

30 för att matrismaterialet skall släppa vid fibrerna och sprickor bildas. I ett sådant fall skulle det flytande, härdbara materialet kunna appliceras direkt i samband med sprickbildningen under bibehållande av nämnda krafter, som då skulle verka öppnande på sprickorna och underlätta transporten av det flytande materialet

35 till poren. Genom att sedan avlägsna krafterna skulle överflödigt flytande material automatiskt pressas ut ur sprickorna.

Uppfinningen är givetvis inte på något sätt begränsad till de ovan beskrivna föredragna utföringsformerna, utan en mängd möjligheter till modifikationer därav torde vara uppenbara för en fackman på området, utan att denne för den skull avviker från uppfinningens grundtanke sådan denna definieras i bifogade patentkrav.

Exempelvis skulle de använda materialen kunna vara andra än de ovan beskrivna, och detsamma gäller för exempelvis antalet skikt hos laminatet samt tjockleken hos respektive skikt.

Det är inte heller nödvändigt att skikten omväxlande har olika fiberriktningar, men åtminstone två skikt hos laminatet måste ha detta, då i annat fall laminatet blir ytterst svagt i en riktning.

Det är inte heller nödvändigt att det förekommer skikt som har en inbördes vinkel av fiberriktningar av just 90° , utan andra vinklar, såsom 45° är även tänkbara. Det vore även möjligt att skikt med fler än två olika fiberriktningar förekommer hos laminatet.

Naturligtvis kan kylningen och anbringandet av yttre böjkrifter kombineras med varandra hos det uppfinningsenliga förfarandet.

Patentkrav

- 5 1. Förfarande för igenfyllning av porer (2) mellan två intillig-
gande skikt (1', 1'') hos ett laminat för en komponent med hö-
ga hållfasthetskrav och innefattande en mängd skikt av fiber-
komposit med inom varje skikt väsentligen parallella fibrer (5)
inbäddade i en matris (6), varvid åtminstone nämnda två in-
tilliggande skikt har väsentligt skilda fiberriktningar, vilket
10 innefattar stegen:

a) en förbindelseväg, via vilken ett medium kan förflytta sig
inuti laminatet, skapas mellan laminatets yttre och poren,

15 b) ett flytande, härdbart material anbringas vid en yttre yta
hos laminatet och bringas att via nämnda förbindelseväg
fylla poren, och

c) det poren uppfyllande materialet bringas att härda,
20

kännetecknat därav, att i steg a) nämnda förbindelseväg ska-
pas genom att laminatet åtminstone i området av nämnda por
utsätts för krafter som får sprickor (4) att fortplanta sig huvud-
sakligen i matrisen igenom varje laminatskikt längs skiktets
25 fiberriktning.

2. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att i steg a)
nämnda laminat kyls åtminstone i området (3) av nämnda por
(2) till en tillräckligt låg temperatur för att matrismaterialet
30 mellan nämnda fibrer skall dra ihop sig så mycket att nämnda
sprickor (4) alstras längs fibrerna.

3. Förfarande enligt krav 2, kännetecknat därav, att i steg a)
kylningen utförs till en temperatur under -70°C, företrädesvis
35 under -150°C.

4. Förfarande enligt krav 2 eller 3, **kännetecknat** därav, att i steg a) d t kyls genom att anbringa flytande kväve eller kolsyresnö på laminatet.
- 5 5. Förfarande enligt något av kraven 2-4, **kännetecknat** därav, att ett område (3) av laminatets yttre yta mitt för en nämnd por (2) avgränsas och i steg a) kylmedel anbringas på laminatet endast inom det avgränsade området.
- 10 6. Förfarande enligt krav 1, **kännetecknat** därav, att i steg a) nämnda förbindelseväg skapas genom att laminatet utsätts för sådana yttre krafter i plan på tvären mot fiberriktningen hos laminatets skikt att sprickor (4) fortplantar sig igenom varje skikt längs skiktets fiberriktning.
- 15 7. Förfarande enligt krav 6, **kännetecknat** därav, att de i steg a) applicerade krafterna bibehålls under steg b) för att verka öppnande på sprickorna (4) och underlätta transport av det flytande materialet till poren (2) och att efter fyllningen nämnda krafter avlägsnas före härdandet i steg c) för automatiskt utpressande av överflödigt flytande material ur sprickorna.
- 20 8. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att direkt före och/eller i samband med steg b) laminatet åtminstone i området av nämnda por (2) värms upp till en temperatur som är nödvändig för att göra nämnda flytande material lättflytande.
- 25 9. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att i steg b) yttre krafter appliceras på laminatet i plan på tvären mot de olika skiktens fiberriktningar för att vid applicering av det flytande materialet på laminatets yttre yta öppna nämnda sprickor (4) för underlättande av transporten av det flytande materialet till nämnda por (2).
- 30 10. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att i steg b) ett luftundertryck appliceras på laminatet
- 35

på motsatt sida om detta mot den yttre yta av laminat t vid vilken det flytande materialet appliceras för att underlätta transporten av det flytande materialet in i laminatet igenom sprickorna (4).

5

11. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att det utförs på ett laminat med skikt av kolfiberepoxi.

10

12. Förfarande enligt något av kraven 1-10, **kännetecknat** därav, att det utförs på ett laminat med skikt av glasfiberpolyester.

15

13. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att i steg b) ett epoxilim anbringas som nämnda flytande, härdbara material.

14. Förfarande enligt krav 8 och 13, **kännetecknat** därav, att nämnda uppvärmning utförs till en temperatur överstigande +40°C.

20

15. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att det utförs på ett laminat hos vilket respektive skikts fiberriktning bildar en vinkel av 30- 90° med fiberriktningen hos intilliggande skikt.

25

16. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att det utförs på ett laminat med en tjocklek hos varje enskilt skikt mellan 0,05 och 0,2 mm.

30

17. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att det utförs på ett laminat uppbyggt av 4-200 på varandra anordnade nämnda skikt.

35

18. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att det utförs för igenfyllning av nämnda porer med en area av åtminstone 36 mm².

19. Förfarande enligt något av föregående krav, **kännetecknat** därav, att en eller flera porer fylls igen på en komponent för en flyg- eller rymdfarkost.

123456789

Sammandrag

- Hos ett förfarande för igenfyllning av porer mellan två intilliggande skikt hos ett laminat för en komponent med höga hållfasthetskrav och innefattande en mängd skikt av fiberkomposit med inom varje skikt väsentligt parallella fibrer inbäddade i en matris, skapas en förbindelseväg, via vilken ett medium kan förflytta sig inuti laminatet, mellan laminatets yttre och poren genom att laminatet åtminstone i området av poren utsätts för krafter som får sprickor att fortplanta sig huvudsakligen i matrisen igenom varje laminatskikt längs skiktets fiberriktning. Därefter anbringas ett flytande, härdbart material vid en yttre yta hos laminatet och detta bringas att via förbindelsevägen fylla poren. Slutligen bringas det poren uppfyllande materialet att härda.

(Fig 3).

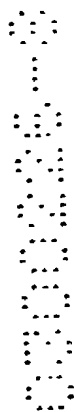




Fig 1

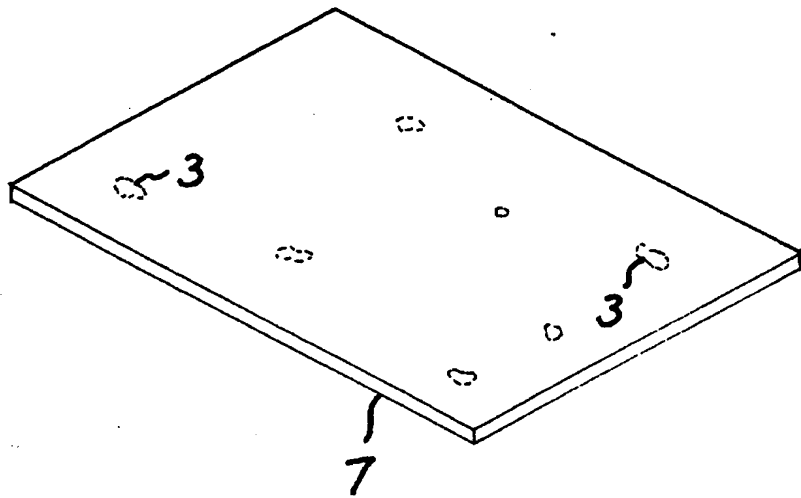


Fig 2

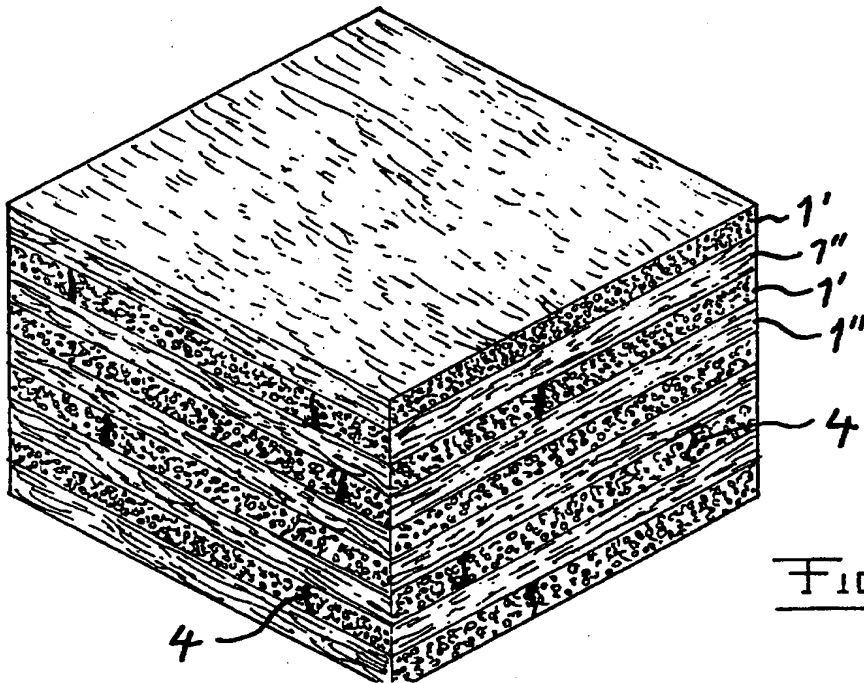


Fig 4

2/2

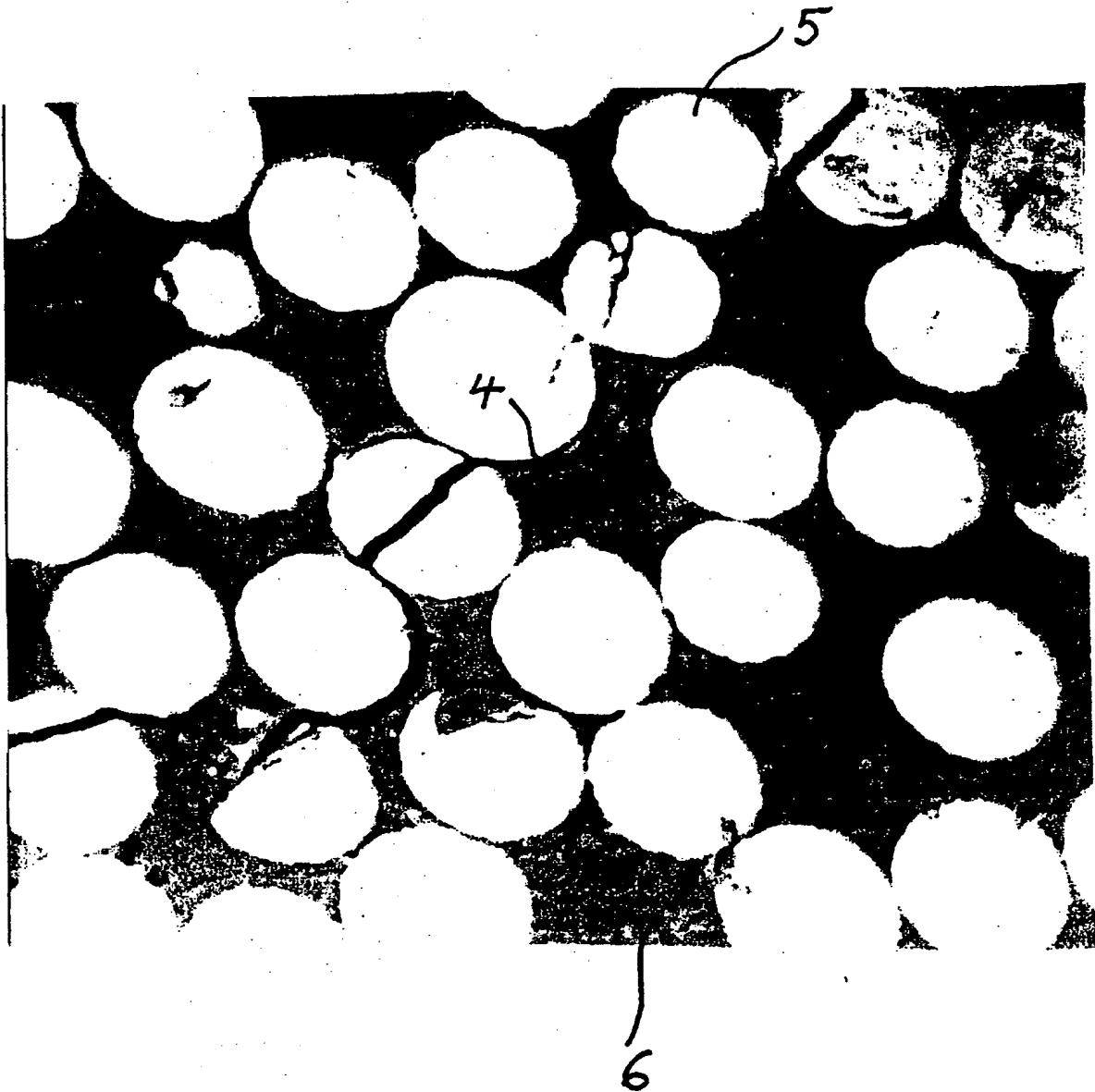


Fig 3